



LEGAMBIENTE

LOMBARDIA

DOSSIER

GLIFOSATO

- dati ed evidenze sul pesticida più utilizzato nel mondo**
- la contaminazione del reticolo idrico minore nella pianura irrigua lombarda**

Redazione a cura di Legambiente Lombardia

La ricerca sul reticolo idrico minore è stata condotta da
Università di Milano, facoltà di Agraria
CNR-Istituto di Ricerca sulle Acque
ricerca supportata da **Fondazione Cariplo**

Il 2023 sarà l'ultimo anno per l'uso legale del glifosato in Europa?

Da tempo il pesticida glifosato anima il dibattito pubblico europeo sul tema dei pesticidi. Nel 2017 un'iniziativa dei cittadini europei (ICE) ha chiesto alla Commissione europea e agli Stati membri di vietare l'impiego del glifosato. La successiva iniziativa dei cittadini europei 'Save Bees and Farmers' (Salviamo le api e gli agricoltori) ha chiesto una riduzione dell'80% dell'uso di pesticidi sintetici entro il 2030 e del 100% entro il 2035. Sul piano istituzionale invece, con la Strategia Farm to Fork la Commissione Europea ha annunciato l'impegno a dimezzare l'uso di pesticidi chimici entro il 2030. Sono obiettivi che, per essere raggiunti, richiedono una messa in discussione in primo luogo dell'uso del glifosato, il principio attivo più usato in Europa e nel mondo.

I prossimi mesi saranno molto 'caldi' per la discussione sull'uso del glifosato in Europa. Alla fine del 2023, l'UE dovrà infatti decidere se rinnovare la licenza che consente l'impiego del glifosato. Entro l'estate l'autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA) dovrà formulare un parere basato su tutti gli aspetti rilevanti per la salute e la biodiversità. Poi toccherà alla Commissione Europea presentare una proposta e agli Stati membri dell'UE decidere. Si prevedono mesi di confronto serrato tra le tesi sostenute dai produttori e dalle lobby agroindustriali, da una parte, e quelle degli ambientalisti. Ma perché questo dibattito ci tocca così da vicino, anche in Italia e, soprattutto, in Pianura Padana? Con questo report vogliamo provare a fare un po' di ordine

Pesticidi, suolo e biodiversità: una minaccia di dimensioni globali

L'utilizzo di fertilizzanti sintetici e pesticidi, che caratterizza l'agricoltura intensiva, rappresenta la causa di maggiore compromissione per la salute dei suoli e una delle più importanti cause di perdita di biodiversità.

La letteratura scientifica descrive in modo sempre più chiaro l'impatto delle sostanze chimiche impiegate in agricoltura sulle comunità di esseri viventi che popolano i suoli agricoli.

L'impatto dipende da effetti diretti di tossicità, in quanto durante l'impiego vengono inevitabilmente colpite specie non-bersaglio: è il caso degli insetticidi che uccidono anche gli insetti utili, o dei fungicidi che agiscono anche sulle micorrize, ovvero le alleanze tra funghi e radici delle piante che sono essenziali per il benessere delle piante stesse, o ancora degli effetti che sostanze ad azione erbicida possono determinare sulle vegetazioni, sia coltivate che spontanee, a seguito del trasporto al di fuori dei campi su cui sono applicate, ad opera di acqua e vento, o attraverso le catene alimentari.

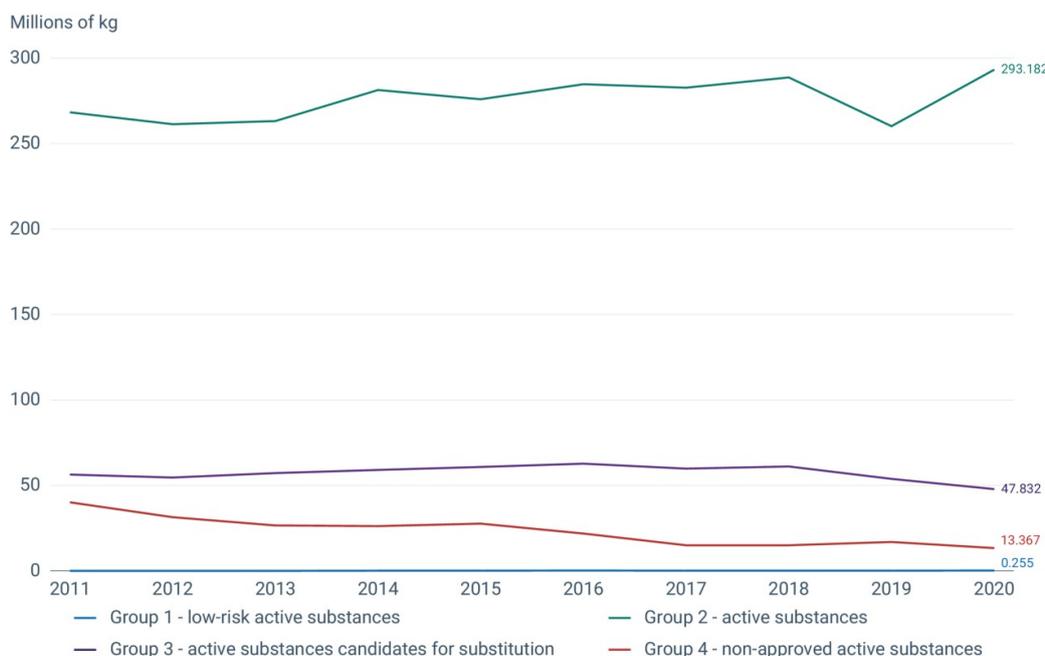
Ma oltre agli effetti diretti vi sono effetti, a lungo sottovalutati, che racchiudono gli esiti spesso imprevedibili esercitati da sostanze ad azione antimicrobica sulle comunità di microrganismi. Questi presidiano funzioni vitali del suolo, a partire dal funzionamento dei cicli biogeochimici che regolano il flusso di nutrienti da cui dipende la stessa produttività biologica del suolo. Vi sono poi gli effetti sui microbioti, ovvero le comunità complesse di microrganismi che convivono strettamente con animali e vegetali, stabilendovi relazioni di simbiosi da cui dipende la salute di gran parte, se non tutti, gli organismi superiori, umani inclusi.

Gli effetti di perdita di salute del suolo e degli agro-ecosistemi si propagano a tutte le forme viventi che ne dipendono direttamente o indirettamente. Ne è esempio il declino delle specie di avifauna legate agli ambienti rurali, la cui abbondanza a livello continentale

è diminuita di quasi il 60% nell'arco degli ultimi 40 anni, periodo che corrisponde all'incremento dell'intensità e della diffusione dell'impiego di sostanze ad azione biocida¹. Tali effetti pongono anche serie preoccupazioni per la salute umana, a causa degli effetti di tossicità diretti che queste sostanze comportano ma anche per le strette (e ancora in gran parte inesplorate) relazioni che la salute umana intrattiene con quella propria degli ecosistemi stessi: fenomeni estremamente preoccupanti come le zoonosi e la diffusione di batteri patogeni resistenti agli antibiotici hanno molto a che fare con i trattamenti che riserviamo agli ambienti in cui costringiamo le altre specie viventi a trovare modalità di sopravvivenza. Ciò avviene di norma attraverso strategie di adattamento che possono determinare mutazioni in grado di aumentarne la trasmissibilità, la patogenicità o la inefficacia delle terapie tradizionali.

Per avere una idea della dimensione del problema, basta scorrere i dati sull'uso di pesticidi: nella UE il loro impiego è pari a ca. 350.000 tonnellate/anno, che riferite alle superfici agricole corrispondono ad una media di 1,57 kg/ha, senza alcun segnale di riduzione nell'ultimo decennio (fig. 1)².

Fig. 1 Vendite di pesticidi in EU27



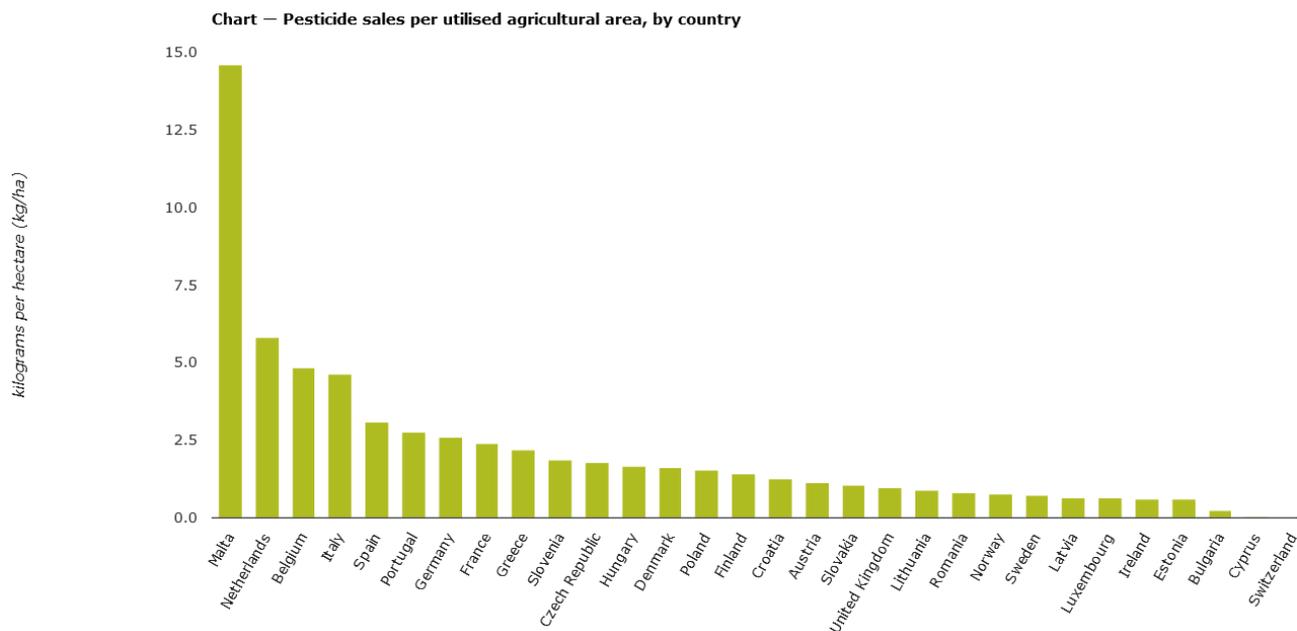
L'Italia è tra i maggiori consumatori, con un carico per ettaro di circa 5 kg di principi attivi, pari a circa il triplo del dato medio europeo (fig. 2). Dati più recenti, pubblicati da Eurostat, indicano per l'Italia un trend positivo: infatti il nostro Paese, dal 2011 al 2021, farebbe registrare una riduzione del 29% delle vendite di pesticidi, avvicinandosi così al dato medio europeo, pur restando tra i Paesi maggiori consumatori, dopo Spagna e Francia.³

1 Rigal S et al., Farmland practices are driving bird population decline across Europe, PNAS 120(21), 2023

2 EEA, How pesticides impact human health and ecosystems in Europe, Briefing note, 2023, <https://www.eea.europa.eu/publications/how-pesticides-impact-human-health/>

3 <https://terraevita.edagricole.it/difesa-sostenibile/un-terzo-di-agrofarmaci-in-meno-in-10-anni/>

Fig. 2. Pesticidi venduti in Europa, in rapporto alla superficie agricola utilizzata (SAU) dei singoli Paesi



Occorre dire che, a livello globale, l'UE non è tra i maggiori utilizzatori di pesticidi, in un quadro che vede svettare il continente americano, ed in particolare l'America del Sud, che fra l'altro mostra preoccupanti, forti trend di crescita dei consumi di pesticidi (+119% dal 1999 al 2020)⁴

Il nesso tra espansione dell'agricoltura intensiva e salute globale (*Global Health*) è ancora lontano dall'essere chiarito nella sua formidabile complessità e molteplicità di connessioni, ma è ormai largamente accettato dalla comunità scientifica, che pone l'esigenza di un cambiamento di modello in grado di porre le conoscenze e le innovazioni che hanno permesso di aumentare le rese produttive al servizio di una transizione agroecologica, a cui peraltro fanno riferimento anche le politiche più recenti adottate in sede di istituzioni europee nell'ambito del Green Deal, come la strategia 'biodiversità 2030' e 'from Farm to Fork', che prevede il target di dimezzamento, entro il 2030, dell'impiego di fitofarmaci di sintesi.

Tra le centinaia di principi attivi usati nei campi coltivati, il glifosato, più di altri, incarna la pretesa dell'industria chimica di sostituirsi alla complessità e agli equilibri che presidiano il funzionamento delle comunità biologiche.

Il glifosato: soluzione radicale, a (relativamente) basso costo e alto impatto

Il glifosato è una molecola relativamente semplice e con un costo di produzione relativamente basso, attiva verso un ampio spettro di specie appartenenti ai regni dei vegetali, dei funghi e dei microrganismi: essa infatti interferisce con una via biosintetica presente in tutti questi organismi (ma assente negli animali superiori), nota come 'via dello scikimato', che consente loro di produrre gli amminoacidi essenziali alla sintesi delle proteine (gli umani, che non dispongono di questa via biochimica, devono assumere

4 AAVV, Atlante dei Pesticidi, Heinrich Boell Stiftung, Friends of the Earth, Cambiamo Agricoltura, 2023.
<https://www.cambiamoagricoltura.it/news/atlante-dei-pesticidi>

necessariamente gli stessi amminoacidi attraverso la propria dieta) ma anche molecole con funzione protettiva rispetto a patogeni e parassiti. La disattivazione di questo sistema biologico nelle piante ne determina in poco tempo la morte.

Per questo il glifosato viene impiegato come diserbante non selettivo, come trattamento che precede la semina, in ambito agricolo, ed inoltre per la terminazione di colture di copertura e prati temporanei, oltre che nel diserbo nell'ambito delle colture arboree. Esso trova applicazione anche in ambiti non agricoli, come ad esempio il diserbo di aree urbane o di margini di infrastrutture stradali e ferroviarie, anche se non ovunque questa pratica è consentita (in Lombardia è vietata).

La sua commercializzazione come erbicida è iniziata a partire dal 1974, e da allora la produzione è cresciuta fino a farne il prodotto fitosanitario maggiormente commercializzato, con un valore, a livello di mercato mondiale, che si stima eccedere i 34 miliardi di dollari⁵ per una produzione che sfiora il milione di tonnellate: in termini ponderali, il glifosato rappresenta un terzo di tutti i pesticidi usati a livello globale, mentre in termini di business costituisce circa ¼ del fatturato globale di questo mercato, attualmente quotato a circa 131 miliardi di dollari annui.

Il grande balzo in avanti nella produzione e nel consumo di glifosato si è avuto a partire dagli anni '90 ed è stato il risultato di una geniale combinazione tra la produzione di questa molecola e la messa in commercio di sementi OGM 'Roundup Ready' (RR), ovvero di semi di piante in cui sono inseriti geni per la resistenza al glifosato. Come conseguenza di questa strategia commerciale, nel ventennio 1995-2014 le vendite di glifosato incrementarono di ben 15 volte, arrivando a costituire oltre il 90% delle vendite in volume di diserbanti a livello globale, in vistoso contrasto con una narrativa che, parlando di OGM, li aveva sempre proposti come la più valida 'alternativa' all'uso dei pesticidi. Le varietà GM RR consentono infatti l'impiego dell'erbicida non più solo in presemina ma anche in copertura, ovvero in presenza della coltura OGM in piena crescita. Oltre il 95% delle colture di soia nel continente americano (che è il maggior produttore ed esportatore globale di questo legume), e il 74% a livello globale, prevedono l'impiego di varietà GM RR, e conseguentemente il ricorso a irrorazioni di glifosato sia in presemina che durante la crescita della pianta. Proprio l'utilizzazione così massiccia ed estesa del principio attivo ha determinato nel corso degli anni lo sviluppo spontaneo di forme di resistenza da parte delle erbe infestanti, costringendo ad alzare progressivamente le dosi di impiego (fig. 3): un vero e proprio 'effetto valanga', che ha prodotto aumenti nel consumo di glifosato non correlati ad effettivi aumenti di rese produttive, provocando pertanto anche la crescita continua degli impatti del glifosato sull'agroecosistema.

5 Singh S et al. Herbicide Glyphosate: toxicity and microbial degradation. *Int. J. Env. Res. Public Health*, 17, 7519, 2020

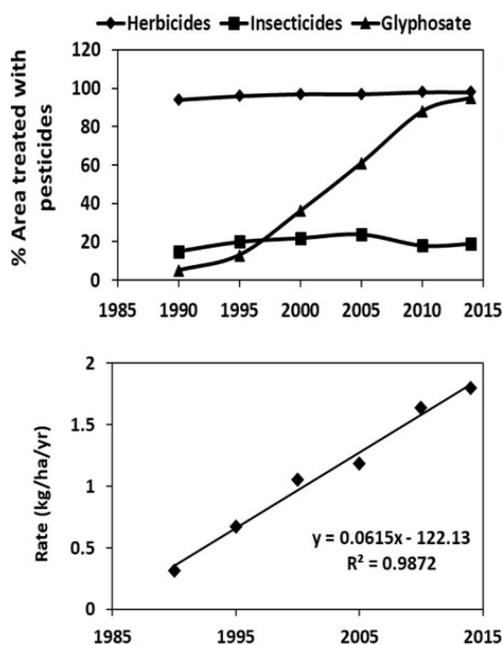


Fig. 3. Aumento delle aree agricole trattate con glifosato in rapporto al totale degli erbicidi e aumento del livello di applicazione per ettaro di glifosato su soia GM RR negli USA tra il 1990 e il 2014 (US Agricultural statistic services)

In Europa le sementi RR non sono ammesse, tuttavia il mercato europeo concorre alla crescita del fenomeno globale in quanto è importatore di grandi quantità di foraggi per gli allevamenti intensivi, ed in particolare di soia prodotta in America Latina. Ulteriore elemento di spinta all'espansione del mercato del glifosato è il crescente ricorso a tecniche di semina su sodo o minima lavorazione, avvenuto soprattutto in Nord America ma anche in Europa, previa diserbo chimico.

In Europa l'impiego di glifosato costituisce oltre un terzo del consumo di diserbanti, quota che in Italia sale al 52% (fig. 4), equivalente a un consumo annuo pari, nel nostro Paese, a circa quattromila tonnellate, corrispondente a 0,3 kg per ettaro di SAU⁶. Rispetto al mercato globale, l'Europa pesa per il 7% del totale delle vendite di questo principio attivo.

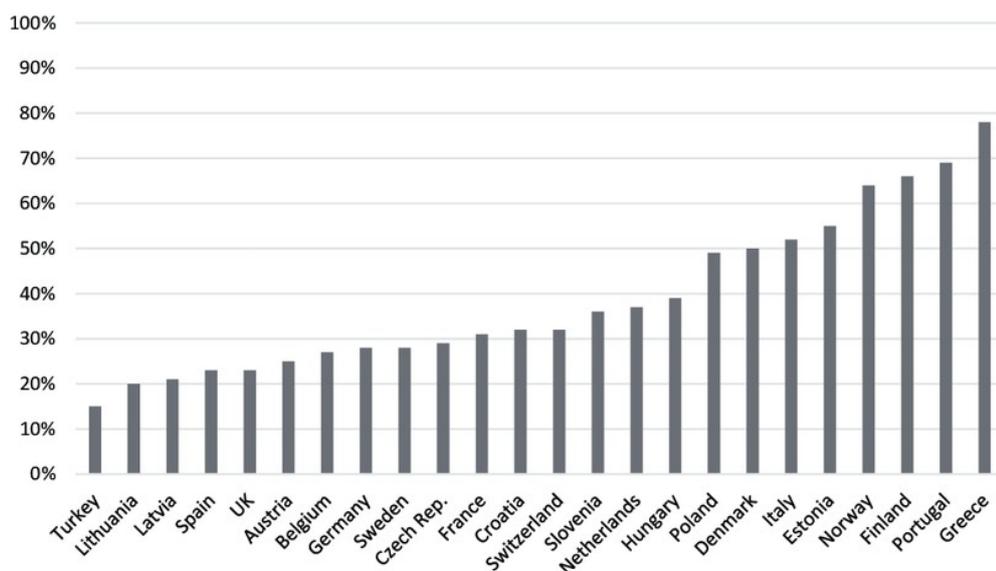


Fig. 4. Proporzione di glifosato in rapporto al totale degli erbicidi venduti in Europa

6 Antier C et al, Glyphosate Use in the European Agricultural Sector and a Framework for its Further Monitoring. Sustainability 12, 2020

Gli effetti del glifosato sugli ecosistemi

L'uso massiccio ed estensivo del glifosato determina un progressivo aumento della presenza del principio attivo e dei suoi metaboliti nei comparti idrici e nel suolo, anche attraverso fenomeni di accumulo della molecola in particolari nicchie ecologiche, con conseguenti impatti sulla composizione delle comunità di vegetali e di microrganismi che costituiscono specifico bersaglio della sua azione tossica, ma anche con crescenti riscontri di effetti, diretti o indiretti, del pesticida su specie animali e di microrganismi fino ad oggi considerati poco o per nulla sensibili all'azione del glifosato. I fenomeni di accumulo sono frequentemente associati ad un metabolita prodotto nei primo step di biodegradazione, ovvero l'AMPA (acido aminometilfosfonico), che presenta tempi di permanenza negli ambienti naturali ancora più lunghi, anche se è un dato di evidenza che lo stesso glifosato può persistere per molte settimane o perfino anni quando viene adsorbito da substrati argillosi saturi d'acqua che costituiscono ambienti anossici, dove i processi biodegradativi sono impediti⁷. In contrasto con la diffusa convinzione che, in virtù della sua biodegradabilità, il glifosato non sia soggetto ad accumulo, valutazioni più accurate hanno potuto verificare il carattere pervasivo della contaminazione dei suoli, riscontrando la tendenza della molecola ad accumularsi nel 30% dei suoli globali e, soprattutto, il carattere di persistenza dell'inquinamento da AMPA in oltre il 90% dei suoli⁸. Il glifosato viene comunemente rilevato nelle acque superficiali e sotterranee a livelli generalmente bassi (max 2-3 µg/L), ma in aree in cui è diffusa la coltivazione di varietà GM RR si riscontrano concentrazioni anche nell'ordine delle centinaia di µg/L⁹.

Tra gli effetti sulle forme viventi probabilmente uno dei più rilevanti è quello che riguarda l'azione sulle comunità di microrganismi che costituiscono la microflora del suolo e i microbioti di vegetali (ad es. a livello di rizosfera) e di animali (in particolare quelli che ne popolano gli apparati digerenti). Tra le specie batteriche la resistenza al glifosato è diffusa, associata a caratteristiche fisiche e compositive delle pareti cellulari. Diverse specie batteriche sono inoltre in grado di degradare la molecola del glifosato, utilizzandola come fonte di energia e di fosforo. La presenza e l'accumulo di glifosato nei suoli, nelle acque e nelle matrici alimentari può pertanto esercitare una pressione selettiva in grado di modificare in modo significativo la composizione delle comunità microbiche, favorendo le specie meno sensibili all'azione tossica della molecola. In esperimenti di laboratorio, tali effetti sono stati osservati anche a livelli di concentrazione di glifosato inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelli correntemente impiegati nei trattamenti in campo¹⁰. Ciò si traduce in profonde interferenze sui processi che avvengono nel suolo e/o nella rizosfera (ad esempio rispetto ai cicli biogeochimici e quindi alla fertilità del suolo), favorendo taxa microbici patogeni o produttori di tossine, ad esempio ceppi di *Clostridium*, *Bacillus* e *Legionella*, che risultano particolarmente resistenti agli effetti del glifosato¹¹. La tossicità del glifosato per gli insetti appare riconducibile agli effetti del pesticida sulla microflora dei loro canali digerenti. Crescenti evidenze riguardano gli effetti che

7 EFSA, Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate, 2015

8 Maggi F et al, The global environmental hazard of glyphosate use, *Sci Total Env* 717 2020

9 Van Bruggen AHC et al, Environmental and health effect of the herbicide Glyphosate, *Sci. Total Environ.* 2018

10 Ramirez-Villacis DX, Root microbiome modulates plant growth promotion induced by low doses of glyphosate, *mSphere* 5, 2020

11 Van Bruggen AHC et al, Indirect effect of the herbicide Glyphosate on plant, animal and human health through its effects on microbial communities, *Frontiers in Environ, Sci.*, 2021

l'esposizione a glifosato determina sugli impollinatori, ed in particolare sulle api¹², anche a concentrazioni molto inferiori a quelle corrispondenti al dosaggio di impiego del preparato¹³. La tossicità sulle api appare legata anche ai coformulanti impiegati nei preparati commerciali di erbicida, in particolare le sostanze ad azione tensioattiva addizionate per facilitare l'assorbimento fogliare del glifosato.

Glifosato e rischi per la salute umana e degli animali allevati

La tossicità diretta del glifosato per l'uomo si assume che sia relativamente bassa, e questo è stato uno dei motivi del successo commerciale di questa molecola: nell'ultima revisione, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) ha classificato il glifosato tra i principi attivi a moderata tossicità¹⁴. Occorre dire che nella stessa classificazione ricadono altre sostanze, come per esempio l'atrazina, che l'UE ha però messo al bando fin dal 2004 per considerazioni che non attengono al solo valore di tossicità del principio attivo per come sperimentalmente determinato. La tossicità è infatti, notoriamente, correlata alla quantità di sostanza con cui l'organismo entra in contatto: l'enorme diffusione del pesticida rende oggi il contatto con il principio attivo estremamente probabile e frequente, il che costringe a considerarne i potenziali effetti sulla salute, esattamente come quelli sugli ecosistemi, con una attenzione ai rischi di esposizione cronica e agli effetti indiretti, anche in considerazione della persistenza del principio attivo e del suo principale metabolita di degradazione, l'AMPA, che mostra un livello di tossicità per molti versi analogo, se non superiore, a quello del suo precursore¹⁵. Agli effetti del principio attivo si sommano poi quelli dei coformulanti, sostanze ad azione tensioattiva, impiegate nei preparati commerciali, che sono dotati di propria tossicità specifica¹⁶.

La IARC (International Agency for Research on Cancer) ha classificato il glifosato come 'probabile cancerogeno per l'uomo'¹⁷, una classificazione che però confligge con quella dell'USEPA (US Environmental Protection Agency) che evidenzia i rischi di tossicità per gli operatori conseguenti a inalazione, ingestione e contatto cutaneo. Una divergenza che può almeno in parte essere spiegata con i diversi criteri adottati dalle due istituzioni nel selezionare le ricerche di riferimento, che nel caso di IARC devono essere sempre di fonte indipendente, mentre USEPA accetta di valutare anche studi commissionati dai produttori dei principi attivi (Monsanto e Bayer nel caso del glifosato).

Il glifosato è un potenziale interferente endocrino, con attitudine a superare la barriera placentare, in grado di determinare tossicità sull'embrione¹⁸. E' genotossico e citotossico, in grado di danneggiare le membrane cellulari e di determinare danni alle cellule ematiche, epatiche ed epiteliali. L'intossicazione acuta, a cui sono particolarmente esposti gli operatori professionali, può determinare danni oculari, shock cardiovascolare, formazione intravascolare di coaguli, infarto del miocardio. Non viene metabolizzato dall'organismo umano e viene normalmente espulso con le urine.

12 Battisti L. et al, Is glyphosate toxic to bees? A meta-analytical review. *Sci Total Env*, 767, 2021

13 G. Simon, Glyphosate based herbicides and their impact on bees' health, Pesticide Action Network, 2023
<https://www.pan-europe.info/blog/yes-glyphosate-harmful-bees>

14 WHO, Recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2019 edition

15 Wozniak E., et al. The mechanism of DNA damage induced by Roundup 360 plus, glyphosate and AMPA in human peripheral blood mononuclear cells – genotoxic risk assessment. *Food Chem. Toxicol.* 120, 2018

16 Defarge N. et al., Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. *Toxicol. Rep*, 5, 2018

17 IARC, Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, v. 112, pp. 1-452, 2017

18 Gill, JPK et al, Glyphosate toxicity for animals, *Environ. Chem. Lett.* 16, 2018

A generare le maggiori preoccupazioni in ordine alla salute pubblica sono gli effetti di tossicità indiretta: il glifosato è tossico non solo per le piante ma anche per i microrganismi, tanto che Monsanto già nel 2003 lo ha registrato come antibiotico¹⁹. Il vastissimo impiego del glifosato ne fa uno dei maggiori potenziali agenti collegati all'insorgenza di antibiotico resistenza²⁰, che come è noto costituisce probabilmente la prima tra le fonti di preoccupazione delle agenzie sanitarie internazionali²¹. Evidenze in ordine alla acquisizione di maggior resistenza agli antimicrobici sono state riscontrate ad esempio in *Salmonella* spp, dal confronto tra ceppi isolati prima e dopo la grande diffusione dell'uso di glifosato avvenuta a partire dagli anni '90²².

Anche i microrganismi del microbiota umano e animale (ad esempio quelli del tratto intestinale o quelli del rumine, nei poligastrici), che svolgono funzioni complesse ma essenziali per il benessere fisico e la salute, oltre che protettive nei confronti di patogeni, sono sensibili all'azione del glifosato. Particolarmente esposti ai rischi connessi agli effetti del glifosato sul microbiota sono gli erbivori, ed in particolare i ruminanti, per il consumo di mangimi concentrati, a base di soia e mais, che possono contenere importanti contaminazioni da glifosato. Diversi ricercatori hanno evidenziato che l'esposizione alimentare all'erbicida comporta potenziali aumenti di rischio di sbilanciamento della microflora ruminale ed enterica, con aumento dei patogeni più resistenti^{23,24}. Le evidenze relative al ruolo del glifosato come agente di disbiosi intestinale ricorrono anche in studi in cui le quantità di principio attivo assimilato si assumono prossime ai valori considerati sicuri per la salute, evidenziano modulazioni della composizione della microflora intestinale con riduzione dei batteri lattici (*Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, ecc.) e aumento dei marker di risposta infiammatoria intestinale²⁵

La presenza di glifosato e AMPA nelle acque

In virtù della loro solubilità, glifosato e AMPA vengono facilmente dilavati e veicolati nelle acque superficiali e sotterranee. Le due molecole sono tra quelle che vengono reperite con maggiori frequenze nelle analisi di acque superficiali condotte in Italia dalle Agenzie del Sistema Nazionale per la Protezione dell' Ambiente²⁶: nel 2020, rispettivamente il 42% e il 68% dei campioni in cui sono stati cercati sono risultati positivi a glifosato e AMPA; minore è stata la frequenza di ritrovamento nelle acque sotterranee, dove la positività alle due molecole si è riscontrata nel 4% dei campioni.

Preoccupanti sono anche i dati relativi al rispetto dei valori dello standard di qualità ambientale (SQA). Per SQA, come specificato nella Direttiva Quadro Acque (2000/60/CE),

19 "Susceptible organisms include, but are not limited to, all species of the family Pseudomonadaceae, including *Ps. aeruginosa*, all species of the family Enterocaceae..." Monsanto Patent, <https://patents.justia.com/patent/7771736>

20 Raoult D. et al., Role of glyphosate in the emergence of antimicrobial resistance on bacteria? *J. Antimicrobial Chemotherapy*, 76, 7, 2021

21 Dentico N et al, Untangling antimicrobial resistance (AMR). The legacy of an unhealthy development model. Society for International Development, AMR Think-Do-Tank – Geneva International, 2022

22 Poppe J et al., Minimum inhibitory concentration of glyphosate and glyphosate-containing herbicide in *Salmonella* enterica isolates originating from different time periods, hosts, and serovars. *Eur. J. Microbiol. Immunol.* 9, 2019

23 Kruger M et al. Glyphosate suppresses the antagonistic effect of *Enterococcus* spp on *Clostridium botulinum*. *Anaerobe* 20, 2013

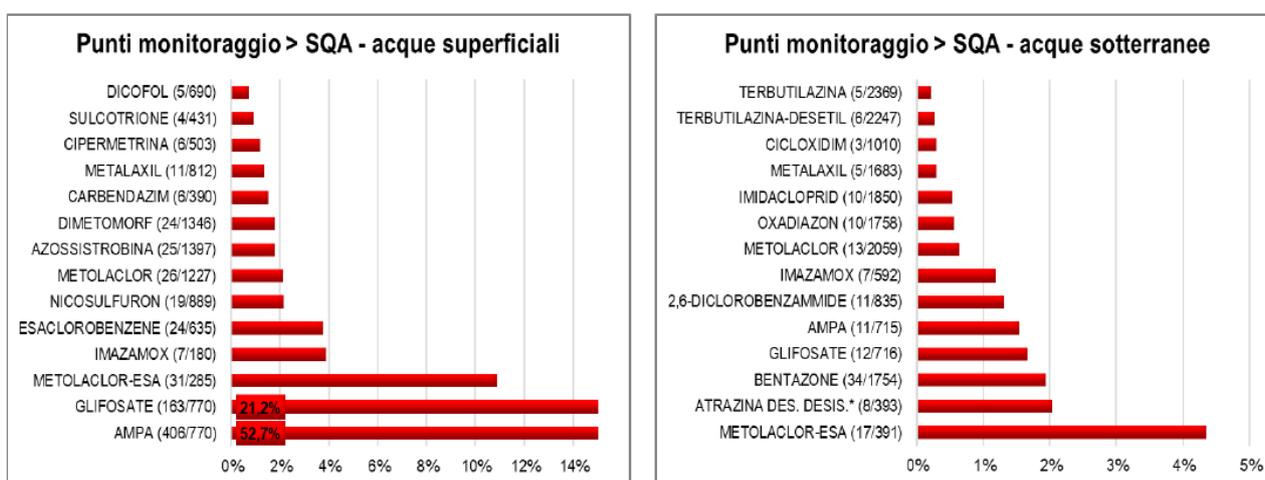
24 Ackermann W et al., the influence of glyphosate on the microbiota and production of botulinum neurotoxin during ruminal fermentation. *Curr Microbiol.* 70 2014

25 Lehman PC et al, Low dose glyphosate exposure alters gut microbiota composition and modulates gut homeostasis, *Env Toxicol and Pharmacol* 100, 2023

26 ISPRA, SINPA, Rapporto nazionale pesticidi nelle acque, Dati 2019-2020. Luglio 2022

si intende “la concentrazione di un particolare inquinante o gruppo di inquinanti nelle acque, nei sedimenti e nel biota che non deve essere superata, per tutelare la salute umana e l'ambiente”. Tale valore, sia per Glifosato che per AMPA, è fissato in 0,1 µg/L. Entrambe le molecole risultano essere, di gran lunga, quelle per cui più di frequente si riscontrano livelli di concentrazione eccedenti le SQA: nel 2020 il 53% dei campioni di acque superficiali mostrava il superamento delle SQA per AMPA, e il 21% per il glifosato. Alla luce di questi dati, in Italia il glifosato e il suo metabolita possono essere considerati inquinanti ubiquitari per le acque superficiali. Meno frequente è il ritrovamento di concentrazioni eccessive nelle acque sotterranee, dove meno del 2% dei campioni mostrano il superamento delle SQA sia per Glifosato che per AMPA (fig. 5)

Fig. 5 sostanze per le quali nel 2020 sono stati riscontrati superamenti delle SQA nelle campagne di analisi coordinate a livello nazionale da ISPRA. Tra parentesi il numero dei campioni con concentrazioni eccedenti le SQA, in rapporto al numero totale di campioni in cui la sostanza è stata cercata.



*atrazina desetil desisopropil

I risultati della campagna di ricerca GASMI (Glifosato e AMPA nel Reticolo Idrico Minore)

Sebbene l'impiego di glifosato sia molto diffuso anche in Italia, le concentrazioni di principio attivo nei corpi idrici riportate dalla gran parte delle campagne di misura sono usualmente molto basse, distanti dai valori che ci si aspetta di trovare in Paesi, in particolare del continente americano, in cui il pesticida è usato a dosaggi elevati e su superfici ben superiori.

In base a quanto previsto dai D.Lgs. 152/2006 e 260/2010 i corpi d'acqua fluviali monitorati in modo ordinario devono essere quelli principali. Qui i principi attivi non si trovano mai con elevate concentrazioni, dato che in questi sistemi idrici vengono diluiti in modo importante dalle grandi portate che caratterizzano i fiumi. Ben diversa è la situazione che può essere riscontrata nella maglia fine del reticolo idrografico irriguo della Pianura Padana dove, specialmente in alcuni periodi dell'anno a cavallo tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera, seguendo il 'calendario agronomico' trattamenti con glifosato vengono attuati in modo estensivo su superfici più o meno vaste per "ripulire" i letti di semina da specie infestanti o per terminare le colture di copertura invernale (cover crops). Le piogge primaverili e/o le prime irrigazioni a scorrimento (o per allagamento nel

caso delle risaie) possono trasportare grandi quantità di principio attivo e del suo metabolita (AMPA) per dilavamento delle superfici, determinando possibili picchi di concentrazione nella rete scolante che, per come è conformato il reticolo irriguo, generalmente alimenta a sua volta le coltivazioni collocate immediatamente a valle.

Il progetto GASMI è stato condotto da Università degli Studi di Milano e CNR – IRSA, beneficiando di un sostegno economico da Fondazione Cariplo.

Esso nel corso del 2021 ha valutato la qualità delle acque di risaia di aziende risicole della provincia di Pavia le quali, pur disponendo della certificazione biologica, avevano dovuto rinunciare a commercializzare il loro prodotto come tale, a causa dei livelli anomali di concentrazione di residui di pesticidi riscontrati. I riscontri analitici sui campioni di acque prelevati in giugno confermavano la presenza di diversi diserbanti a concentrazioni eccedenti le SQA e, in particolare, i livelli di glifosato e AMPA letteralmente 'fuori scala', ovvero concentrazioni migliaia di volte superiori a quelle ammesse per le acque superficiali, con valori massimi pari a 231 µg/L per glifosato e 897µg/L per AMPA (la SQA per il glifosato così come per AMPA è pari a 0,1 µg/L). In tutti i campioni le concentrazioni di AMPA erano superiori a quelle di glifosato, indicando che il campionamento doveva essere stato effettuato a distanza di settimane o mesi dall'utilizzo del diserbante nelle aree da cui le acque provenivano. I campionamenti effettuati in periodi successivi (luglio e settembre) fornivano come esito il riscontro di acque di qualità complessivamente adeguata, con sporadici lievi superamenti per alcuni parametri ma con un giudizio complessivo di conformità, a testimonianza del fatto che i trattamenti di diserbo apparivano effettuati esclusivamente in fase di presemina, seguendo i calendari agronomici.

La seconda campagna di analisi, svolta nel 2022, ha invece riguardato punti di prelievo nel reticolo idrico secondario individuati in modo tale da coprire una parte rilevante della pianura irrigua nelle provincie di Novara, Pavia, Milano, Lodi, Bergamo e Cremona (fig. 6), concentrandosi questa volta esclusivamente sulla ricerca di glifosato e AMPA. Anche in questo caso valori eccedenti le SQA sono stati riscontrati, fino a livelli di centinaia di µg/L, più elevati nei campioni prelevati in provincia di Cremona, nelle analisi relative al periodo primaverile più precoce (campionamenti effettuati in aprile-maggio). Qui i valori massimi determinati analiticamente sono stati di 372 µg/L per il glifosato (in provincia di Cremona) e di 45 µg/L per AMPA (in provincia di Milano) I valori per il glifosato sono risultati in questo caso più alti di quelli relativi al suo metabolita AMPA, un dato che può essere associato alla maggior precocità dei prelievi rispetto alla stagione, e quindi a una maggior prossimità temporale rispetto al periodo di impiego dell'erbicida. Il successivo campionamento effettuato a giugno ha invece fatto registrare valori di contaminazione generalmente più accettabili e inferiori alle SQA (in molti casi inferiori anche al limite di rilevabilità del metodo analitico) per il glifosato, e un numero limitato di superamenti per quanto riguarda AMPA.

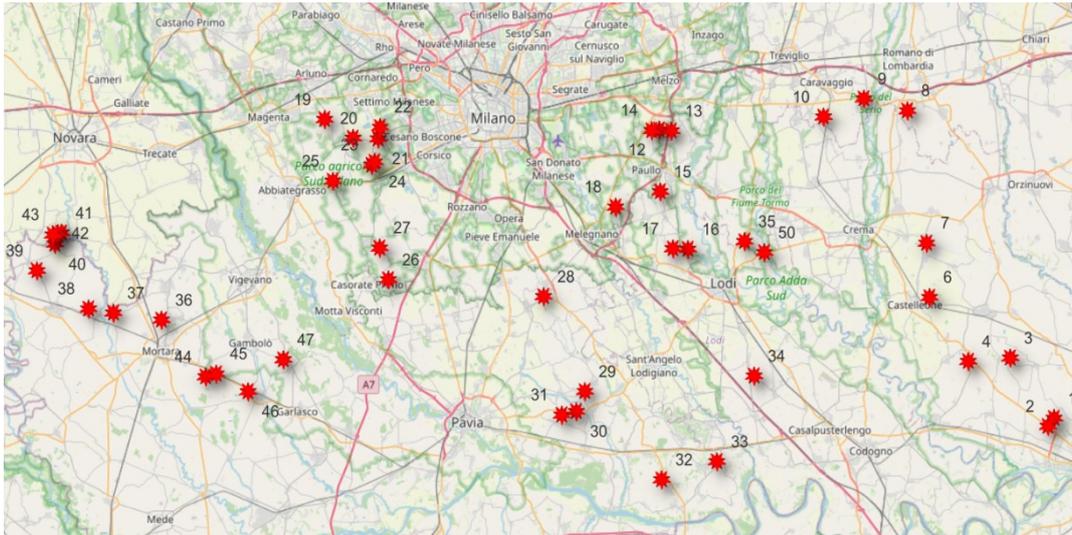


Fig. 6. Punti di prelievo delle acque nel reticolo idrografico secondario della pianura irrigua

Oltre al rilevamento delle concentrazioni dei principi attivi in acqua, la ricerca ha sviluppato una ricognizione sulla presenza di specie vegetali (macrofite) che vivono sommerse in ambienti acquatici, rilevando un preoccupante calo di indici di presenza per quanto riguarda quattro specie vegetali tipiche di acque debolmente fluenti quali sono quelle che caratterizzano il reticolo idrico secondario della Pianura Padana. Nella ricerca di indizi relativamente al possibile ruolo del glifosato quale fattore di stress, è stato anche svolto un confronto sperimentale tra esemplari appartenenti a una di queste specie (*Groenlandia densa*) coltivando esemplari appartenenti alla stessa specie, ma prelevati da diversi ambienti, in presenza di concentrazioni crescenti di glifosato. Si sono poste a confronto piante prelevate da una pozza montana, sicuramente mai esposta a significative contaminazioni da glifosate, con piante provenienti da un corso d'acqua della pianura cremonese, il Rio Tormo (dove, nella prima campagna di campionamenti, erano state riscontrate concentrazioni rilevanti di glifosato e AMPA). Dallo studio dei processi degradativi dei fosfolipidi di membrana cellulare è stata ricavata una indicazione di significativo stress ossidativo a valori del principio attivo inferiori al mg/L, comparabili quindi con le concentrazioni di glifosato riscontrate nelle campagne di campionamento. Le piante provenienti dal rio Tormo sono risultate maggiormente resistenti, fornendo un riscontro circa l'evoluzione di risposte adattative (resistenza) per la specie *Groenlandia densa*, pianta che vive in contesti che possono essere caratterizzati da significative concentrazioni di glifosato.

Infine, osservazioni sono state condotte rispetto al potenziale di tossicità per la microfauna planctonica, esaminando la capacità di trascrizione di geni preposti a funzioni di detossificazione in un piccolo crostaceo (*Daphnia magna*) ed evidenziando come già a concentrazioni di glifosato nelle acque di trattamento simili a quelle mediamente misurate nel reticolo idrico minore (100 µg/L) si osservasse una alterata trascrizione di questi geni, indicando anche una attività di detossificazione, inibita a concentrazioni superiori (500 e 1000 µg/L di glifosato) ed un presumibile danno riconducibile a stress ossidativo.

Sullo stesso crostaceo queste prime evidenze sono state confermate da un dimezzamento della fertilità a partire da concentrazioni di glifosato nel mezzo acquoso pari a 500 µg/L

In conclusione, benché in Pianura Padana l'utilizzo agricolo del glifosate sia circoscritto a trattamenti effettuati in presemina o alla terminazione di colture di copertura, in anticipo rispetto alla stagione vegetativa, le caratteristiche di persistenza del principio attivo e, soprattutto, del suo metabolita AMPA, nonché la sua alta solubilità in acqua, possono provocare, in relazione all'andamento meteorologico, un rilascio, dai terreni trattati ai corpi idrici della maglia fine del reticolo idrico secondario e terziario, particolarmente accentuato nelle prime settimane della stagione irrigua (da aprile a giugno), con concentrazioni nell'ordine delle centinaia di µg/L, tanto per glifosate quanto per AMPA: dunque su valori superiori, di ben quattro ordini di grandezza, rispetto ai valori di SQA che definiscono il buono stato chimico dei corpi idrici.

La ricerca effettuata ha permesso di evidenziare il ruolo preminente di glifosate e AMPA quali agenti di contaminazione delle acque rispetto agli altri fitofarmaci cercati e analizzati, nonché di riscontrare effetti a carico tanto di macrofite acquatiche quanto di organismi dello zooplancton ai livelli di concentrazione di principio attivo misurati in natura.

I dati confermano che, a livello di reticolo idrico minore, le due molecole costituiscono una minaccia per la conservazione della biodiversità acquatica, in quanto capaci di generare effetti misurabili di tossicità su specie sensibili che caratterizzano le comunità vegetali e animali di questi ecosistemi.

Milano, 22 maggio 2023